

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 02142695
PUBLICATION DATE : 31-05-90

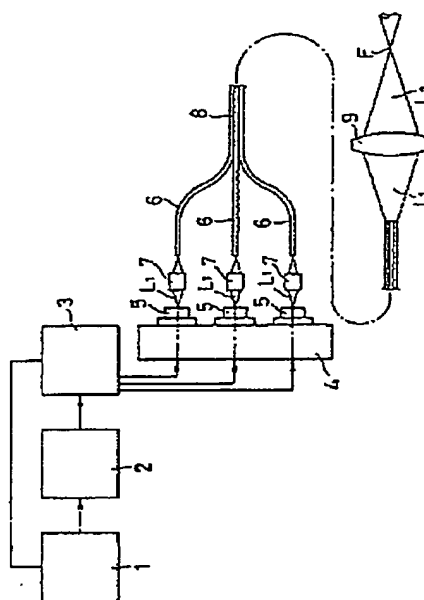
APPLICATION DATE : 31-03-89
APPLICATION NUMBER : 01083695

APPLICANT : SONY CORP;

INVENTOR : KIGA TOMOYA;

INT.CL. : B23K 26/08 B23K 26/06 G02B 6/04 //
H01S 3/18 H05K 3/34

TITLE : LASER BEAM MACHINE



ABSTRACT : PURPOSE: To realize the miniaturization and the high performance of the title machine by providing an optical fiber focusing part for condensing plural pieces of optical fibers on which laser beams emitted from each semiconductor laser are made incident, respectively, and a condensing lens for condensing a laser beam emitted from the focusing part.

CONSTITUTION: An operating circuit 1 is connected to a semiconductor laser driving circuit 3 through a power source 2, and drives and controls a semiconductor laser. On a cooler 4, plural semiconductor lasers 5 are provided as a laser light generation source. The semiconductor laser 5 is constituted of a laser diode and emits a light beam by a signal from the operating circuit 1 through the driving circuit 3. Optical fibers 6 corresponding to the number of semiconductors 5 are provided, and a fiber coupling lens 7 is provided between them, respectively. Each optical fiber 6 is focused and formed as an optical fiber focusing part 8, and on its end part, a focusing lens 9 is provided, and laser light L_1 emitted from the semiconductor laser 5 is condensed and becomes a working focusing light L_2 . In a focal position F of this working focusing light L_2 , working such as melting the solder, etc., can be executed.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japlo

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-142695

⑤ Int. Cl.⁹ 識別記号 庁内整理番号 ⑬ 公開 平成2年(1990)5月31日
 B 23 K 26/08 K 7920-4E
 26/08 A 7920-4E
 G 02 B 6/04 E 8106-2H
 // H 01 S 3/18 7377-5F
 H 05 K 3/34 T 6738-5E

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全10頁)

⑭ 発明の名称 レーザ加工装置

⑯ 特 願 平1-83695

⑰ 出 願 平1(1989)3月31日

優先権主張 ⑱ 昭63(1988)7月13日 ⑲ 日本(JP) ⑳ 特願 昭63-174373

㉑ 発 明 者 川 谷 典 夫 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

㉒ 発 明 者 気 賀 智 也 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

㉓ 出 願 人 ソ ニ ー 株 式 会 社 東京都品川区北品川6丁目7番35号

㉔ 代 理 人 弁 理 士 小 池 晃 外2名

明 細 書

(発明の概要)

1. 発明の名称

レーザ加工装置

本発明は、レーザ加工装置を、複数の半導体レーザと、各半導体レーザから出光したレーザ光がそれぞれ入光される複数の光ファイバが集束されてなる光ファイバ集束部と、上記光ファイバ集束部から出光されるレーザ光を集光する集光レンズとから構成することによって、装置の小型化、高機能化等を実現し得るようにしたものである。

2. 特許請求の範囲

複数の半導体レーザと、

各半導体レーザから出光したレーザ光がそれぞれ入光される複数の光ファイバが集束されてなる光ファイバ集束部と、

上記光ファイバ集束部から出光されるレーザ光を集光する集光レンズとを有してなるレーザ加工装置。

〔従来の技術〕

従来より、レーザ光は良好な指向性を持ち容易に材料面上の微小面積に集束し得ることに着目し、被加工物を加熱溶融又は蒸発させる等して種々の加工に応用することが試みられ一部実用化されている。例えば、溶接装置や切断装置がその一例であり、さらに特開昭第60-111767号公報には、フラットパッケージ型ICの実装基板への半田付けにレーザ光を利用する技術が開示されている。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、例えば半田付け、溶接・切断等のような加熱、加工に使用されるレーザ加工装置に関し、特に半導体レーザを用いたレーザ加工装置に関する。

ところで、このようにレーザ光が種々の加工装

特開平2-142615(2)

置に利用されるようになってきているが、これら加工装置に使用するレーザー光発生源はある程度高出力を有することが必要である。したがって、このような高出力化を実現できるCO₂（炭酸ガス）レーザー（気体レーザー）やYAG（イットリウム・アルミニウム・ガーネット）レーザー（固体レーザー）等をレーザー光発生源とするレーザー加工装置が溶接、切断、焼入れ等の加工装置として実用化されている。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、上記CO₂レーザーやYAGレーザーを用いたレーザー加工装置では、高出力化を実現できる一方、該装置の外形が大きくかつ重量も大きい上に設備コストが高く応用範囲が限定されている。

また、気体レーザーや固体レーザーではレーザー光を発生させるためのエネルギー効率が悪く、またレーザー装置を常時発振させていないと出力が安定しないために、不使用時においても継続して発振さ

されるレーザー光を集光する集光レンズとを有してなることを特徴とするものである。

〔作用〕

本発明のレーザー加工装置では、レーザー光発生源として複数の半導体レーザーが用いられ、これら半導体レーザーからのレーザー光が光ファイバにより集束され被加工物に照射される。したがって、個々の半導体レーザーの出力が若干低くとも集束レンズを介して照射されるレーザー光では大出力が確保される。

また、本発明に係るレーザー加工装置では駆動する半導体レーザーの数を制御すること、又は個々の半導体レーザーの出力を制御することで出力が調整され、光ファイバの集束状態を変えることでレーザー光のビーム形状が自由に設定される。

〔実施例〕

以下、本発明を適用したレーザー加工装置の一実施例を図面を参照しながら具体的に説明する。

せる必要があるのでランニングコストも高くならざるを得ず、さらに上記種々のレーザー光は波長が長いために金属等への吸収率が低い。

さらに、レーザー光のビーム形状は光学系によってある程度変更は可能であるものの制約が多く、光学調整に高精度を要するのみならず集光ロスが大きい等、種々の課題がある。

そこで、本発明は、上記従来の技術が有する種々の課題を解決するために提案されたものであって、装置形状を小型化し得るとともに、エネルギー変換効率に優れ、安定性、作業性に優れたレーザー加工装置を提供することを目的とするものである。

〔課題を解決するための手段〕

本発明は、上記の目的を達成するために提案されたものであって、複数の半導体レーザーと、各半導体レーザーから出光したレーザー光がそれぞれ入光される複数の光ファイバが集束されてなる光ファイバ集束部と、上記光ファイバ集束部から出光

先ず、本装置の基本的構成を説明した後に、具体的構造について説明する。

この加工装置は、第1図に示すように、図作回路1によって後述の各回路を介して半導体レーザーが駆動され又は制御されるようになされている。そして、この図作回路1は、電源2と接続されているとともに半導体レーザー駆動回路3に接続されており、該半導体レーザーの駆動及び所定の制御を当該図作回路1により操作できるようになされている。

また、本装置には冷却器4が配設され、この冷却器4にはレーザー光発生源として複数の半導体レーザー5が設けられている。本装置における上記半導体レーザー5は、レーザーダイオードから構成され、上記駆動回路3を介して伝達される上記図作回路1からの信号により発光するようになされている。

さらに、上記複数の半導体レーザー5の出光方向には、この半導体レーザー5の数に対応した光ファイバ6が設けられているとともに、該半導体レーザー5とこの光ファイバ6の間には、それぞれフ

特開平2-142695 (3)

ファイバ結合レンズ7が配設されている。

したがって、上記各半導体レーザ5から出光されるレーザ光 L_1 のそれぞれは、上記ファイバ結合レンズ7を介して上記光ファイバ6内に入光する。

また、上記各光ファイバ6は、その中途部において他の光ファイバ6と一体となるように集束され光ファイバ集束部8となされている。この光ファイバ集束部8の端部には、集光レンズ9が配設され、各光ファイバ6内を導波したレーザ光 L_1 が集光するようになされている。

したがって、上記装置によれば、複数の半導体レーザ5から出光されたレーザ光 L_1 は、それぞれ光ファイバ6内に入光するとともに、該光ファイバ6の端部において集光されて加工集束光 L_2 となされ、この加工集束光 L_2 の焦点位置Fにおいて例えば半田等を熔融する等の加工がなし得るようになっている。

以上が本装置の基本的構成であり、以下その具体的構造について説明する。

レーザ15の駆動による温度上昇を抑制するために設けられている。なお、上記半導体レーザ冷却ユニット14及び前記パワートランジスタ冷却ユニット12、抵抗器冷却ユニット13は、いずれも上記収納部10の外部から当該収納部10内に配管された冷却水排導管16に冷却水を循環させることによって各種電子機器を冷却させている。

また、上記半導体レーザ冷却ユニット14の側方には複数の半導体レーザ制御回路17が設けられ、前記操作パネル11の操作ボタン11a等によって当該半導体レーザ制御回路17が作動し上記個々の半導体レーザ15のオン・オフや出力調整等の駆動操作が可能となされている。

なお、上記収納部10内には前記個々の半導体レーザ15の出力が一定に安定して得られるようにAPC (Auto Power Control) 回路が内蔵されている。

そして、上記複数の半導体レーザ15の先端には、第4図に示すように、当該半導体レーザ15の数に応じた複数の光ファイバ18が配設され

先ず、前記第1図に示す操作回路1、電源2、駆動回路3、冷却器4及び半導体レーザ5等は、第2図及び第3図に示すように、筐体状の収納部10内に収納されている。特に、本装置内には、上面が装置外部に臨み装置外部から操作することができるように、操作パネル11が配設され、半導体レーザによるレーザ光の出力調整や図示しない外部機器とのインターフェース機能を実現できるよう各種の操作ボタン11aや操作ツマミ11b等が設けられている。

また、上記操作パネル11の下側には、パワートランジスタ冷却ユニット12や抵抗器冷却ユニット13が設けられ図示しないパワートランジスタや抵抗器の温度上昇を抑制している。

さらに、上記収納部10内には、前述した冷却器が配設されてなる半導体レーザ冷却ユニット14が装置下面から起立するように設けられ、この半導体レーザ冷却ユニット14に複数の半導体レーザ15が容易自在に配設されている。上記半導体レーザ冷却ユニット14は、これらの半導体レ

ており、これらの光ファイバ18の端端、すなわち上記半導体レーザ15と該光ファイバ18との間にはファイバ結合レンズ19がそれぞれ配設されている。このファイバ結合レンズ19は、上記各半導体レーザ15から出光したレーザ光 L_1 が上記光ファイバ18内に入光するように配設されたものである。したがって、上記半導体レーザ15から出光される一定の放射角 θ を有するレーザ光 L_1 は、上記ファイバ結合レンズ19を介して上記各光ファイバ18内に入光する。

これら光ファイバ18は、その中途部において一体となるように例えば可屈性を有する筒状体内に挿通されて集束され光ファイバ集束部であるファイババンドル20となされている。なお、このファイババンドル20として集束された上記光ファイバ18の集束部は、被加工物の形状や必要出力等に併せて種々選択すれば良い。例えば第5図(A)や第5図(P)のように同芯円状にしたり、第5図(B)のようにピラミッド状にしたり、あるいは第5図(C)のように矩形状にしても良い。さ

らには、これら以外に第5図(D)のように直線状にしたり、第6図(E)のようにリング状にする等種々の集束態様にしても良い。

また、上記ファイババンドル20の先端部に取り付けられた円筒状のレンズホルダー23には、第6図及び第7図に示すように、集光レンズである2枚のアクロマティックレンズ21、22が配設されている。これらアクロマティックレンズ21、22は、前記複数の光ファイバ18から出光したレーザ光11を集光するような形で配設されている。

上述のように構成された本装置によれば、前記収納部10内に配設された複数の半導体レーザ15から出光したレーザ光11は、前記ファイバ加工レンズ19により、各々の光ファイバ18内に入光するとともに、個々の光ファイバ18（ファイババンドル20）の端部からは集光ファイバ18の特性値（NA値）に応じて発散角θで出光し前記アクロマティックレンズ21、22に達する。そして、このアクロマティックレンズ21、22

8図(A)ないし第8図(E)に示すように、使用する半導体レーザ15の数及び被照射物の照射面積に応じて集束する光ファイバ18の集束態様の中で、常に上記可視光を入光させた光ファイバ18aをそれぞれの中心部位置に配設すればよい。

このようにすれば、集光レンズであるアクロマティックレンズ21、22により集光されたレーザ光11の中心部位置には常に上記可視光が照射されこの可視光が加工時におけるガイド光として機能するので、被加工物の加工位置を容易且つ正確に特定することができ、作業性をより向上することができる。

さらに、前記光ファイバ18の集束態様をフラットパッケージ型1Cの端子配列に対応した形とすれば、フラットパッケージ型1Cの実装基板への半田付けが容易に行える。

前記レーザ加工装置を用いてフラットパッケージ型1Cを実装基板へ半田付けするには、先ず、前記ファイババンドル20として集束された複数の光ファイバ18の集束態様を半田付けするフラ

特開平2-142695(4)

を通照したレーザ光11は加工集束光12となり、焦点Fで最小スポット径となる。

また本装置では、複数の半導体レーザ15からのレーザ光11は、それぞれ導波路として光ファイバ18を使用しており、さらにこれらの光ファイバ18を集束しているため、装置の加工光学系が簡単になり、小型且つ軽量とすることができ、操作性を向上することができる。特にミラー角度等の調整に熟練は不要となりレーザ光の導波路の空間スペースを考慮する必要がないので、與まった場所の加工も簡単に行うことができる。

なお、上記装置において被加工物を加工する際、より一層操作性を向上させるのに、上記装置に使用した半導体レーザ15を以下のように構成してもよい。

すなわち、前記複数配設された半導体レーザ15の少なくとも一つを可視光を発光する半導体レーザとし、当該可視光を入光させる光ファイバ18を、前記ファイババンドル20の長手方向の中心部に位置するよう配設すれば良い。例えば、第

ットパッケージ型1Cの端子配列と同様に配置するようにする。

すなわち、本例では第9図及び第10図(A)に示すように、後述するフラットパッケージ型1C（正方形で各辺にそれぞれ複数の端子を有したもの。）の端子配列と同様に配置された複数の光ファイバ18の端子配列24が光学研削された光ファイバ射出部25に穿設されてなる光学系接続金具25を用い、これを前記ファイババンドル20の先端部に取り付け固定した。上記光ファイバ射出部24の配列は、前記フラットパッケージ型1Cの端子配列と同様に矩形状でその各辺にそれぞれ光ファイバ18の数に対応した数の光ファイバ射出部24が1列に並ぶようになされている。上記光ファイバ射出部24の配置の大きさは、半田付けするフラットパッケージ型1Cの形状及び光学系の倍率設計値で決定でき、また上記光ファイバ18の数も当該フラットパッケージ型1Cの形状及びレーザの出力によって任意に決定することができる。

なお、上記光ファイバ射出部24は、上記の例

特開平2-142695 (5)

のように各辺にそれぞれ1列となされていてもよいが、必要に応じて第10図(9)に示すように各辺にそれぞれ2列以上配設することも可能である。

次に、第11図に示すように、上記光学系接続金具25の先端部にレーザ光を集光する集光レンズ26が配設された光学レンズユニット27を取り付けた後、光軸上にフラットパッケージ型IC28を載置した実装基板29を配置する。

上記集光レンズ26は、前記フラットパッケージ型IC28の大きさと予め設計されている光ファイバ18の集束距離によって、前記光ファイバ出射面25aから集光レンズ26までの距離 L_1 、また集光レンズ26から実装基板29までの距離 L_2 が決定される、いわゆる可変構造となされている。すなわち、上記光ファイバ出射面25aから集光レンズ26までの距離 L_1 と当該集光レンズ26から実装基板29までの距離 L_2 は、任意に決定することができる。

上記フラットパッケージ型IC28には、第11図に示すように、正方形で各辺にそれぞれ複数

の端子28a、28b、28c、28dを有するものを使用した。また、上記フラットパッケージ型IC28の端子28a、28b、28c、28dと前記実装基板29上の導体パターン部(図示は省略する。)との間には、図示しないクリーム半田を設けた。

次に、前記した複数の半導体レーザ15より出光させたレーザ光L₁をそれぞれの光ファイバ18内に入光させて前記光ファイバ出射孔24より加工集束光として出光させる。そして、前記光学レンズユニット27の操作により集光レンズ26を通過したレーザ光L₁を前記フラットパッケージ型IC28の各辺の端子28a、28b、28c、28dに合わせて当該端子部の上に照射する。

この結果、上記レーザ光L₁はフラットパッケージ型IC28のそれぞれの端子28a、28b、28c、28dに通したレーザビームパターン30a、30b、30c、30dとなる。したがって、上記端子28a、28b、28c、28d部では前記クリーム半田が溶融し、当該端子28a、

28b、28c、28dと実装基板29上の導体パターンとが電気的に接続される。

このように、フラットパッケージ型IC28の全端子28a、28b、28c、28dを同時に加熱できるので、セルフアライメント効果が期待でき、また、上記端子28a、28b、28c、28d部の上の加熱ができるので、当該全端子28a、28b、28c、28d部を同時加熱しても、フラットパッケージ型IC28の性能を劣化させることはない。このため、非耐熱性のフラットパッケージ型ICも半田付けすることが可能となる。

また、上記レーザ加工装置においては、先のフラットパッケージ型IC28よりもさらに大きい相似形の例えば、第12図に示すようなフラットパッケージ型IC31であっても実装基板29に半田付けすることができる。この場合には、先の光ファイバ出射面25aから集光レンズ26までの距離 L_1 と、集光レンズ26から実装基板29までの距離 L_2 を変化させて、当該フラットパッ

ッケージ型IC31の端子31a、31b、31c、31dの大きさに合わせて照射すればよい。

この結果、上記フラットパッケージ型IC31の各辺の端子31a、31b、31c、31dの大きさに適したレーザビームパターン32a、32b、32c、32dが得られる。

なお、それぞれのフラットパッケージ型ICが相似形でない場合には、前記半導体レーザ15を選択的に駆動させれば個々のパターンに対応させることができる。また、2方向のみに端子を有するフラットパッケージ型ICの場合にも、同様に半導体レーザ15を選択的に駆動させてやれば半田付けすることができる。

このように、本実施例のレーザ加工装置によれば、相似形のフラットパッケージ型ICであれば同一の光学系(光学レンズユニット27)のみで対応することができる。また、光学系の操作のみで簡単に超小型のフラットパッケージ型ICであっても高精度に半田付けすることができる。

一方、長方形のフラットパッケージ型ICを

特開平2-142695 (6)

実装基板に半田付けするには、前記光学レーザユニット27を用いて一率に倍率を設定することのみでは半田付けすることができないので、長軸長の倍率及び短軸長の倍率をそれぞれ設定して対応する。例えば、第13図及び第14図に示すように、前記光学レーザユニット27に代えて光軸上に2枚のシリンドリカルレンズ33、34を直交するように配置する。そして、一方のシリンドリカルレンズ33を長軸用、他方のシリンドリカルレンズ34を短軸用としてそれぞれ倍率を設定する。すなわち、長軸と短軸の倍率を L 、 L' 、及び L'' 、 L''' 、として設計し、さらに L 、 L' 、 L'' 、 L''' 、の関係となる焦点距離とすればよい。なお、上記 L は光ファイバ出射面25aから短軸用シリンドリカルレンズ33までの距離、 L' は短軸用シリンドリカルレンズ34から実装基板29までの距離、 L'' は光ファイバ出射面25aから長軸用シリンドリカルレンズ33までの距離、 L''' は長軸用シリンドリカルレンズ34から実装基板29までの距離をそれぞれ表す。

様に決定されるので安定した出力を維持することができる。

また、本発明は、上記半導体レーザから出光したレーザ光を複数の光ファイバにより導波させるとともに、これらの光ファイバは集束されているので、当該光ファイバの集束状態を代えることによってレーザ光のビーム形状、モードを任意に変更することができ、したがって加熱応用範囲が広がり高精度加熱を実現できる。

さらに、個々の光ファイバと半導体レーザとの結合が市販されている集光レンズで最適に行うことができるので、集光エネルギーを最小限のロスに止めることができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明を適用したレーザ加工装置の基本的構成を示す模式図、第2図は具体的な装置構成の一例を示す概略斜視図、第3図は収納部を拡大して示す一部破断斜視図、第4図はレーザ光を光ファイバ内に入光させる状態を示す模式図、第

5図のようにすれば、長方形のフラットパッケージ型IC35の各辺の端子35a、35b、35c、35dの大きさに適したレーザビームパターン36a、36b、36c、36dが得られる。

〔発明の効果〕

以上の説明からも明らかなように、本発明のレーザ加工装置は、半導体レーザを使用していることから、レーザ自体の小型化はもちろん、当該レーザを操作駆動するための回路を小さくすることができるので装置全体の小型化を実現することができるのと同時に、軽量化することができる。

また、上記半導体レーザは大量生産が可能であり、一方消費電力も少ないことから生産コストを低くすることができるのと同時に、ランニングコストの低下も実現することができる。

さらに、従来のレーザ加工装置のように常時発振させる必要がなく必要な時のみ発振可能であることから装置の寿命を延ばすことができる。

さらにまた、半導体の発振出力は製造工程で一

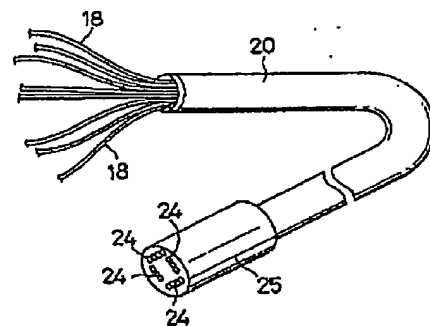
5図(A)ないし第5図(F)は光ファイバの集束状態の例をそれぞれ示す模式図、第6図はレンズホルダの一部を切断して示す斜視図、第7図はファイババンドルより出光したレーザ光の集束状態を示す模式図、第8図(A)ないし第8図(E)はガイド光を使用した場合における光ファイバの集束状態を示す模式図、第9図はフラットパッケージ型ICの実装基板への半田付けに使用した光ファイバを示す要部拡大斜視図、第10図(A)はその光ファイバの集束状態を示す正面図、第10図(B)は光ファイバの集束状態の他の例を示す正面図、第11図は正方形のフラットパッケージ型ICの実装基板への半田付け状態を示す模式図、第12図は相似形状のフラットパッケージ型ICの実装基板への半田付け状態を示す模式図、第13図は長方形のフラットパッケージ型ICの実装基板への半田付け状態を示す模式図、第14図はシリンドリカルレンズの相対位置を示す模式図である。

5、15・・・半導体レーザ

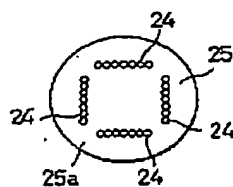
6, 18...光ファイバ
21, 22...アクロマティックレンズ

特許出願人 ソニー株式会社
代理人 弁理士 小池 晃(他2名)

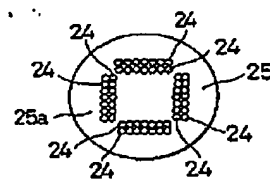
特開平2-142695 (7)



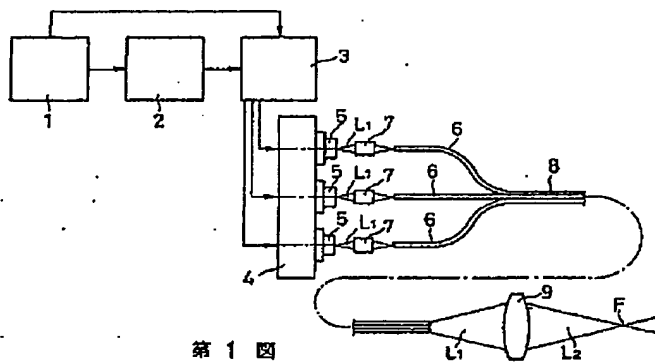
第9図



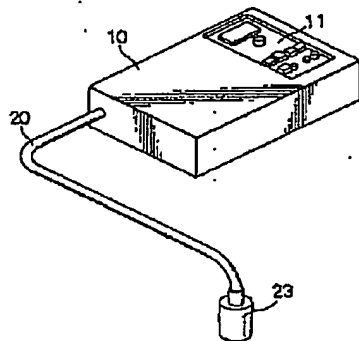
第10図(A)



第10図(B)

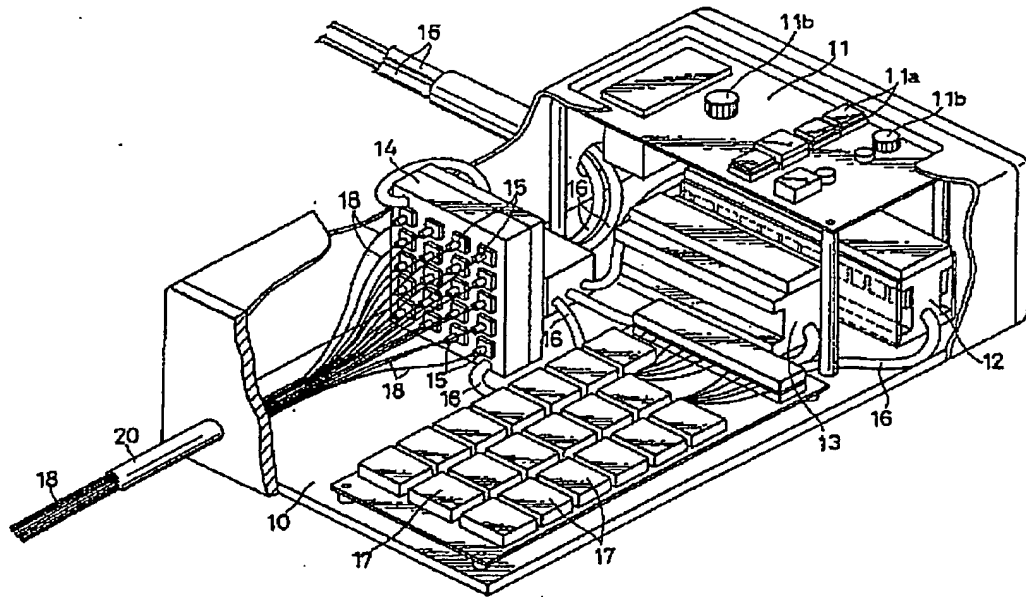


第1図

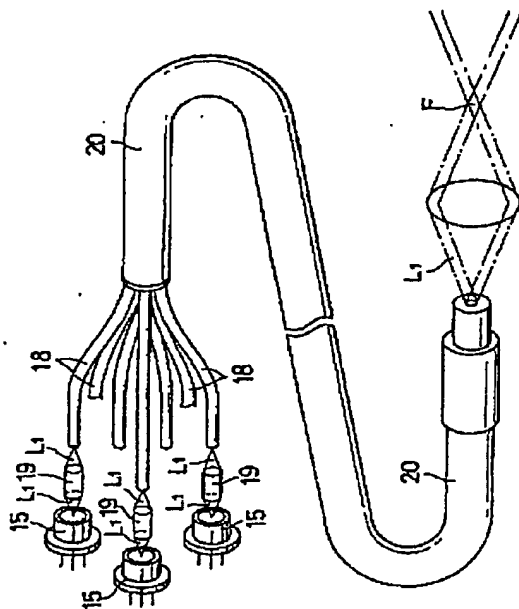


第2図

特開平 2-142695 (B)



第 3 図



第 4 図



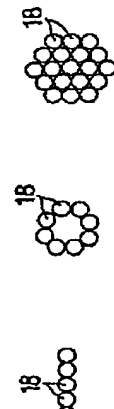
第 5 図(A)



第 5 図(B)



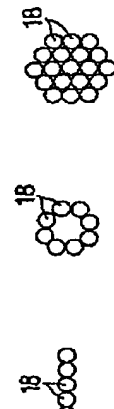
第 5 図(C)



第 5 図(D)

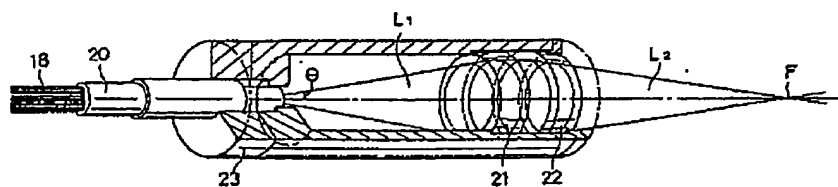


第 5 図(E)

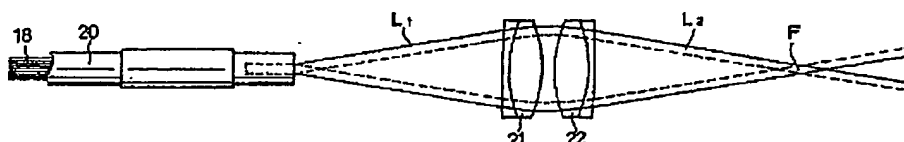


第 5 図(F)

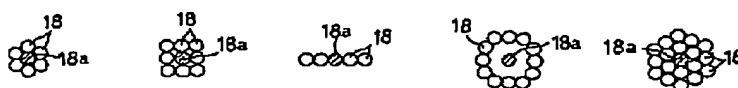
特開平2-142695 (9)



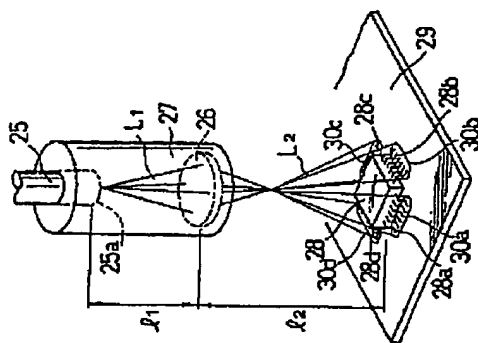
第 6 図



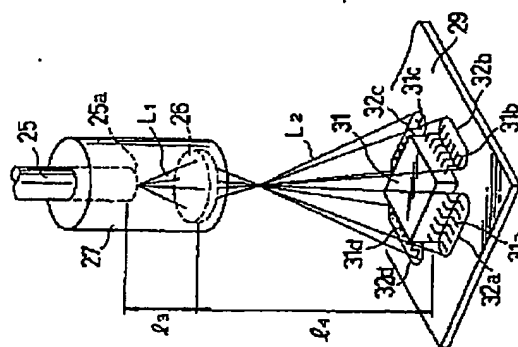
第 7 図



第 8 図 (A) 第 8 図 (B) 第 8 図 (C) 第 8 図 (D) 第 8 図 (E)



第 11 図



第 12 図

特開平2-142695 (10)

手形補正 (自発)

平成11年6月9日

特許庁長官 吉田 文 毅 殿

1. 事件の表示

平成11年 特許願 第83695号

2. 発明の名称

レーザ加工装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 東京都品川区北品川6丁目7番35号

名称 (218) ソニー株式会社

代表者 大賀 典雄

4. 代理人

住所 〒105 東京都港区虎ノ門二丁目6番4号

第11森ビル11階 電 (508)8266 00

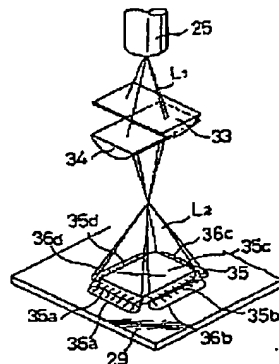
氏名 (6773) 弁理士 小池 晃 (他2名)

5. 補正命令の日付 自発

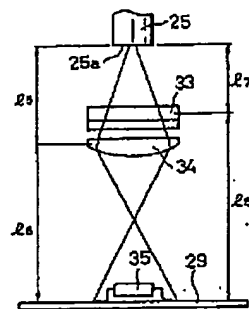
6. 補正の対象

明細書の「発明の詳細な説明」の欄

第13図



第14図



7. 補正の内容

(1) 明細書第11頁第14行目から第15行目に亘り「ファイバ加工レンズ」とある記載を「ファイバ結合レンズ」と補正する。

(2) 同書第12頁第8行目から第10行目に亘り「特にミラー角度等の調整に・・・考慮する必要があるのでは、」とある記載を「特にミラー角度等光学調整は不要となりレーザ光の導波路の空間スペースに対する制約が少ないので、」と補正する。

(3) 同書第13頁第12行目と第13行目の間に「なお、被加工物によっては、必ずしも照射ビームの中心に配設しなくてもよい。」を挿入する。

(4) 同書第14頁第5行目に「正方形」とある記載を「矩形状」と補正する。

以上